

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8-265007

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 10 月 11 日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 P 3/16			H 0 1 P 3/16	
H 0 1 L 27/04			5/08	L
21/822			H 0 1 L 27/04	D
H 0 1 P 5/08				

審査請求 未請求 請求項の数 4

O L

(全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平 7-69867

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 3 月 28 日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目 26 番 10 号

(72) 発明者 石川 容平

京都府長岡京市天神二丁目 26 番 10 号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 平塚 敏朗

京都府長岡京市天神二丁目 26 番 10 号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 山下 貞夫

京都府長岡京市天神二丁目 26 番 10 号 株式  
会社村田製作所内

(74) 代理人 弁理士 青山 葆 (外 2 名)

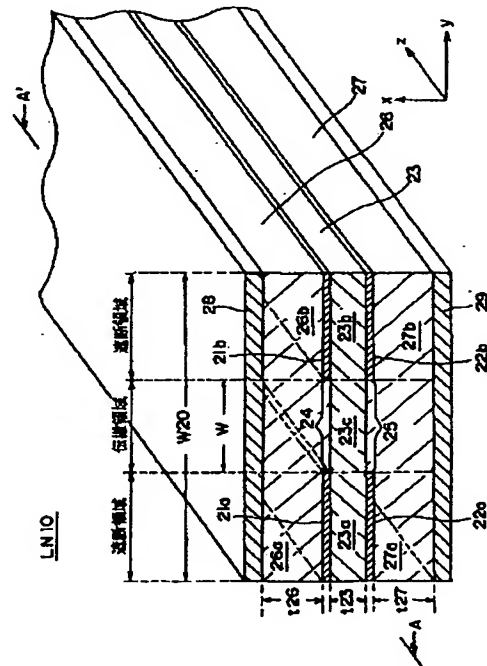
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 平面誘電体線路及び集積回路

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 IC などの電子部品との接続が容易で、かつ伝送損失が小さい小型で安価な平面誘電体線路を提供する。

【構成】 互いに対向する第 1 と第 2 の面を有する誘電体基板 23 と、誘電体基板の第 1 の面に第 1 の電極 21 a と第 2 の電極 21 b との間で挟設されて設けられかつ所定の幅を有する第 1 のスロット 24 と、誘電体基板の第 2 の面に第 3 の電極 22 a と第 4 の電極 22 b との間で第 1 のスロットに対向するように挟設されて設けられ、かつ上記第 1 のスロットと等しい幅を有する第 2 のスロット 25 とを備え、第 1 のスロットと第 2 のスロットとの間に挟設された誘電体基板の伝搬領域を、平面波の電磁波が、第 1 のスロットと第 2 のスロットとによって全反射しながら伝搬するように、誘電体基板の誘電率と厚さを設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに対向する第1と第2の面を有する誘電体基板と、

上記誘電体基板の第1の面に互いに所定の間隔を隔てて対向して形成される第1の電極と第2の電極との間で挟設されかつ所定の幅を有する第1のスロットと、

上記誘電体基板の第2の面に互いに所定の間隔を隔てて対向して形成される第3の電極と第4の電極との間で上記第1のスロットに対向するように挟設され、かつ上記第1のスロットと等しい幅を有する第2のスロットとを備え、

上記第1のスロットと上記第2のスロットとの間に挟設された上記誘電体基板の伝搬領域を伝搬する所定の周波数を有する平面波の電磁波が、上記第1のスロットにおける上記誘電体基板の第1の面と第2のスロットにおける上記誘電体基板の第2の面とによって全反射しながら伝搬するように、上記誘電体基板の誘電率と厚さとを設定したことを特徴とする平面誘電体線路。

【請求項2】 上記平面誘電体線路は、上記誘電体基板の第1の面から所定の距離を隔てて設けられる第1の導体板と、

上記誘電体基板の第2の面から所定の距離を隔てて設けられる第2の導体板とをさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の平面誘電体線路。

【請求項3】 上記平面誘電体線路は、上記誘電体基板の第1の面と上記第1の導体板との間と、上記誘電体基板の第2の面と上記第2の導体板との間と、上記誘電体基板の誘電率より低い誘電率を有する誘電体を充填したことを特徴とする請求項2記載の平面誘電体線路。

【請求項4】 伝送線路と、上記伝送線路に接続された高周波デバイスとを備えた集積回路であって、上記伝送線路は、請求項1乃至3記載の少なくとも1つの平面誘電体線路を含むことを特徴とする集積回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、マイクロ波、ミリ波帯で使用される平面誘電体線路及び集積回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 マイクロ波・ミリ波は、300MHzから300GHzの非常に広い範囲の電磁波であり、種々のレーダーをはじめ地上の長距離電話やテレビ放送波などの中継、衛星通信などに広く用いられる他、衛星放送や最近では移動体通信などの分野においても、広く用いられている。一方、MMICなどのIC化の研究開発も活発に行なわれ、マイクロ波・ミリ波帯の電磁波を使用した機器の小型化も急速に進み、その利用範囲をさらに広げつつある。

【0003】 従来、マイクロ波・ミリ波帯では、導波管や同軸線路、又はマイクロストリップライン、コプレーナライン、スロットラインなどの誘電体基板上に所定の

電極を形成して構成された伝送線路が多く使用されてきた。導波管は、小さい伝送損失が必要とされる部分に使用され、同軸線路は、機器間の接続用ケーブルとして広く使用されている。また、マイクロストリップラインやスロットライン等は、ICなどの電子部品との接続が容易であるために、主として電子部品間の接続に使用される。スロットラインは、図19に示すように、所定の基板の厚さh400を有する誘電体基板423の上面に互いに所定の間隔を隔てて形成された電極421aと電極421bとを備えて構成される。これによって、所定の幅W400を有するスロット424が電極421aと電極421bとの間で挟設されて形成される。以上のように構成されたスロットラインにおいて、電磁波は図19に示すようにスロット424の幅方向に平行な電界E400とスロット424の長手方向に平行な磁界H400を有するモードを形成してスロット424の長手方向に伝搬する。さらに、上記以外の伝送線路として、NRD線路も使用されている。NRD線路は、方形柱形状の誘電体が2つの導体板によって挟設されて構成され、伝送損失が小さいという特徴を有する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、導波管は、形状が大きく機器の小型軽量化が図れないという問題点やICなどの電子部品との接続が容易でないという問題点があった。また、同軸線路は、その断面形状によって決まる特定の周波数より高い周波数では、不要な高次モードが発生して、伝送損失が増大し使用できないという問題点があった。そのために、同軸線路を周波数が60GHz程度のミリ波帯の周波数で使用しようとする、同軸線路の直径を1mm程度まで小さくする必要があり、製造が困難になるという問題点があった。マイクロストリップラインやコプレーナライン、スロットラインなどは、伝送損失が極めて大きいという問題点があった。また、NRD線路は、ICなどの電子部品との接続が容易でないという問題点があった。

【0005】 本発明の第1の目的は、以上の問題点を解決して、ICなどの電子部品との接続が容易で、かつ伝送損失がマイクロストリップラインやコプレーナライン、スロットライン等に比較して極めて小さい小型で安価な平面誘電体線路を提供することにある。本発明の第2の目的は、集積度を比較的高くすることができる集積回路を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る請求項1記載の平面誘電体線路は、互いに対向する第1と第2の面を有する誘電体基板と、上記誘電体基板の第1の面に互いに所定の間隔を隔てて対向して形成される第1の電極と第2の電極との間で挟設されかつ所定の幅を有する第1のスロットと、上記誘電体基板の第2の面に互いに所定の間隔を隔てて対向して形成される第3の電極と第4

の電極との間で上記第1のスロットに対向するように挟設され、かつ上記第1のスロットと等しい幅を有する第2のスロットとを備え、上記第1のスロットと上記第2のスロットとの間に挟設された上記誘電体基板の伝搬領域を伝搬する所定の周波数を有する平面波の電磁波が、上記第1のスロットにおける上記誘電体基板の第1の面と第2のスロットにおける上記誘電体基板の第2の面とによって全反射しながら伝搬するように、上記誘電体基板の誘電率と厚さを設定したことを特徴とする。

【0007】請求項2記載の平面誘電体線路は、請求項1記載の平面誘電体線路においてさらに、上記誘電体基板の第1の面から所定の距離を隔てて設けられる第1の導体板と、上記誘電体基板の第2の面から所定の距離を隔てて設けられる第2の導体板とを備えたことを特徴とする。請求項3記載の平面誘電体線路は、請求項2記載の平面誘電体線路において、上記誘電体基板の第1の面と上記第1の導体板との間と、上記誘電体基板の第2の面と上記第2の導体板との間に、上記誘電体基板の誘電率より低い誘電率を有する誘電体を充填したことを特徴とする。

【0008】本発明に係る請求項4記載の集積回路は、伝送線路と、上記伝送線路に接続された高周波デバイスとを備えた集積回路であって、上記伝送線路は、請求項1乃至3記載の少なくとも1つの平面誘電体線路を含むことを特徴とする。

【0009】

【作用】本発明に係る請求項1記載の平面誘電体線路において、上記誘電体基板の伝搬領域は、所定の周波数より高い周波数を有する平面波の電磁波を、上記第1のスロットにおける上記誘電体基板の第1の面と第2のスロットにおける上記誘電体基板の第2の面とによって全反射させながら伝搬する一方、上記誘電体基板のうちの上記伝搬領域を除く部分は上記第1の電極と上記第2の電極とによって挟設されて、上記平面波の電磁波を減衰させる。これによって、所定の周波数より高い周波数を有する高周波信号は、上記伝搬領域の内部とその近傍に集中して上記平面誘電体線路を伝搬する。

【0010】請求項2記載の平面誘電体線路は、請求項1記載の平面誘電体線路においてさらに、第1の導体板と第2の導体板とを備える。これによって、上記第1の電極と上記第1の導体板との間で、上記平面波の電磁波を減衰させる遮断領域を形成し、上記第2の電極と上記第1の導体板との間で上記平面波の電磁波を減衰させる遮断領域を形成する。また、上記第3の電極と上記第2の導体板との間で、上記平面波の電磁波を減衰させる遮断領域を形成し、上記第4の電極と上記第2の導体板と上記第4の電極との間で上記平面波の電磁波を減衰させる遮断領域を形成する。さらに、上記平面誘電体線路を伝搬する高周波信号の漏洩を防ぐことができるとともに、上記平面誘電体線路の外部からの不要な高周波信号

の入射を防ぐことができる。請求項3記載の平面誘電体線路は、請求項2記載の平面誘電体線路において、上記誘電体基板の第1の面と上記第1の導体板との間と、上記誘電体基板の第2の面と上記第2の導体板との間に、上記誘電体基板の誘電率より低い誘電率を有する誘電体を充填している。これによって、上記誘電体基板の第1の面と上記第1の導体板との間と、上記誘電体基板の第2の面と上記第2の導体板との間の間隔を小さくできるので、上記平面誘電体線路を薄くすることができる。

【0011】本発明に係る請求項4記載の集積回路は、伝送線路と、上記伝送線路に接続された高周波デバイスとを備えた集積回路であって、上記伝送線路は、請求項1乃至3記載の少なくとも1つの平面誘電体線路を含む。これによって、高い集積度を有する集積回路を構成できる。

【0012】

【実施例】

<第1の実施例>図1は、本発明に係る第1の実施例の平面誘電体線路LN10の斜視図である。図1の第1の実施例の平面誘電体線路LN10は、図1に示すように、誘電体基板23が誘電体基板26と誘電体基板27とによって挟設されて構成され、以下の特徴を有する。誘電体基板23の上面には、互いに対向する電極21aと電極21bの間にスロット24が形成され、誘電体基板23の下面には、互いに対向する電極22aと電極22bの間に、スロット24に対向するようにスロット25が形成される。また、誘電体基板26の上面には電極28が形成され、誘電体27の下面には電極29が形成される。

【0013】以下、図面を参照して、第1の実施例の平面誘電体線路LN10について詳細に説明する。

【0014】図1に示すように、誘電体基板23は、所定の厚さ $t_{23}$ と所定の幅 $W_{20}$ を有し、かつ幅 $W_{20}$ に比べて十分長い長さを有する。そして、誘電体基板23の上面には、電極21aと電極21bが互いに所定の間隔を隔てて対向して形成され、これによって、スロット24が電極21aと電極21bとの間で挟設されて形成される。ここで、スロット24は、所定の幅 $W$ を有し、誘電体基板23の幅方向の中央部に誘電体基板23の長手方向と平行になるように形成される。また、誘電体基板23の下面には、電極22aと電極22bが互いに所定の間隔を隔てて対向して形成され、これによって、スロット25が電極22aと電極22bとの間で挟設されて形成される。ここで、スロット25は、スロット24と等しい幅 $W$ を有し、誘電体基板23の幅方向の中央部に誘電体基板23の長手方向と平行になるように形成される。また、スロット24とスロット25は互いに対向するように形成され、スロット24とスロット25との間に挟設された誘電体基板23に、詳細後述するように、所望の伝搬周波数 $f_b$ を有する高周波信号を伝

送させる伝搬領域23cを形成する。

【0015】また、電極21a、21bが形成された誘電体基板23の上面上には、誘電体基板23と等しい幅W20と誘電体基板23と等しい長さを有する誘電体基板26が重ねられて形成される。そして、誘電体基板26の上面の全面には、電極28が形成される。さらに、電極22a、22bが形成された誘電体基板23の下面上には、誘電体基板23と等しい幅W20と誘電体基板23と等しい長さを有する誘電体基板27が重ねられて形成される。そして、誘電体基板27の下面の全面には、電極29が形成される。

【0016】ここで、誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ と誘電体基板26の比誘電率 $\epsilon_r26$ と誘電体基板27の比誘電率 $\epsilon_r27$ のうちの比誘電率 $\epsilon_r26$ と比誘電率 $\epsilon_r27$ とは互いに等しい値に設定される。また、誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ は、以下に説明するように比誘電率 $\epsilon_r26$ 及び比誘電率 $\epsilon_r27$ より大きい所定の値に設定される。

【0017】図2は、平面誘電体線路LN10の図1のA-A'線についての縦断面図である。図2に示すように、平面波の電磁波である平面電磁波pw23は、スロット24における誘電体基板23の上面の一点に所定の入射角 $\theta$ で入射して、入射角 $\theta$ と等しい反射角 $\theta$ で反射される。ここで、スロット24における誘電体基板23の上面上は、誘電体基板23と誘電体基板26との境界面である。また、スロット24における誘電体基板23の上面の一点で反射された平面電磁波pw23は、スロット25における誘電体基板23の下面の一点に入射角 $\theta$ で入射して、入射角 $\theta$ と等しい反射角 $\theta$ で反射される。ここで、スロット25における誘電体基板23の下

面は、誘電体基板23と誘電体基板27の境界面である。以降、平面電磁波pw23は、スロット24における誘電体基板23の上面上とスロット25における誘電体基板23の下面上とによって交互に繰り返し反射されて、誘電体基板23の伝搬領域23cの内部をTEモードで伝搬する。以下、TEモードで伝搬する電磁波をTE波と呼ぶ。

【0018】ここで、スロット24における誘電体基板23の上面の一点とスロット25における誘電体基板23の下面の一点とに入射するときの入射角 $\theta$ は、平面電磁波pw23の進行方向とスロット24又はスロット25の入射点に立てた垂線との角度であって、平面電磁波pw23の伝搬定数 $k$ と、誘電体基板23の長手方向を伝搬方向とするTE波の位相定数 $\beta$ とを用いて次の数1で表される。そして、入射角 $\theta$ が次の数2に示す臨界角 $\theta_{dc}$ より大きくなると、平面電磁波pw23はスロット24における誘電体基板23の上面上とスロット25における誘電体基板23の下面上で全反射を起こして誘電体基板23の伝搬領域23cの内部を減衰することなく伝搬する。また、入射角 $\theta$ が臨界角 $\theta_{dc}$ より小さくなると、

平面電磁波pw23の一部は、誘電体基板26又は誘電体基板27に透過して、伝搬領域23cの内部を伝搬する平面電磁波pw23は減衰する。

【0019】

【数1】 $\theta = \sin^{-1}(\beta/k_1)$

【数2】

$\theta_{dc}$

$= \sin^{-1} \{ \sqrt{(\epsilon_r26/\epsilon_r23)} \}$

$= \sin^{-1} \{ \sqrt{(\epsilon_r27/\epsilon_r23)} \}$

【0020】ここで、伝搬定数 $k$ は、平面電磁波pw23の周波数と誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ によって決定され、位相定数 $\beta$ は、平面電磁波pw23の周波数と誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ と誘電体基板23の厚さ $t23$ によって決定される。ここで、x軸、y軸、z軸を図2に示すようにとって、z軸方向に進行し、かつ電界のy成分 $E_y$ が均一であるTE波を考える。誘電体基板23を伝搬する平面波の伝搬定数 $k_1$ は、誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ を用いて次の数3で表される。ここで、 $k_0$ は真空中の平面波の伝搬定数である。また、誘電体基板26の中を伝搬する平面波の伝搬定数 $k_2$ は同様にして次の数4で表される。誘電体基板27の中を伝搬する平面波の伝搬定数 $k_2$ も同様にして次の数4で表される。さらに誘電体基板23と誘電体基板26の中を伝搬する平面波の位相定数 $\beta$ は等しくなるので、次の数5が成り立つ。数5における伝搬定数 $k_{x1}$ と伝搬定数 $k_{x2}$ は、それぞれ誘電体基板23と誘電体基板26の中を伝搬する平面波の伝搬定数 $k_1$ 、 $k_2$ のx成分を表わす。また、 $k_{x1}$ と $k_{x2}$ の間には、次の数6の関係が成り立つ。そして、数5と数6を解くことにより、伝搬定数 $k_{x1}$ 、伝搬定数 $k_{x2}$ 及び位相定数 $\beta$ を求めることができる。

【0021】

【数3】 $k_1 = k_0 \sqrt{(\epsilon_r23)}$

【数4】 $k_2 = k_0 \sqrt{(\epsilon_r26)}$

【数5】 $\beta^2 = k_1^2 - k_{x1}^2 = k_2^2 - k_{x2}^2$

【数6】 $(1/k_{x1}) \tan\{(k_{x1} \cdot (t23/2))\} - (1/k_{x2}) \tan(k_{x2} \cdot t26) = 0$

【0022】また、入射角 $\theta$ は、平面電磁波pw23の周波数が低くなると小さくなり、平面電磁波pw23の周波数が高くなると大きくなる。従って、入射角 $\theta$ が臨界角 $\theta_{dc}$ に等しくなる臨界周波数 $f_{da}$ 以上の周波数を有する平面電磁波pw23は、スロット24における誘電体基板23の上面上とスロット25における誘電体基板23の下面上とで全反射を繰り返しながら伝搬する。すなわち、誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ と厚さ $t23$ 、及び誘電体基板26の比誘電率 $\epsilon_r26$ と誘電体基板27の比誘電率 $\epsilon_r27$ とは、所望の伝搬周波数 $f_b$ が臨界周波数 $f_{da}$ 以上になるように設定される。言い換えれば、誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ と厚さ $t23$ 、及び誘電体基板26の比誘電率 $\epsilon_r26$ と誘電体基板2

7の比誘電率 $\epsilon_r$ 27とを、所望の伝搬周波数 $f_b$ を有する平面波がスロット24における誘電体基板23の上面とスロット25における誘電体基板23の下面とによって全反射されるように設定する。

【0023】また、誘電体基板23を挟設するように互いに対向して形成される電極21aと電極22aは、TE波に対して、所望の伝搬周波数 $f_b$ に比べて十分高い遮断周波数を有する平行平板導波管を構成する。これによって、電極21aと電極22aとによって挟設された誘電体基板23の幅方向の一方の側にTE波に対する遮断領域23aが形成される。同様に、誘電体基板23を挟設するように互いに対向して形成される電極21bと電極22bは、TE波に対して、所望の伝搬周波数 $f_b$ に比べて十分高い遮断周波数を有する平行平板導波管を構成する。これによって、電極21bと電極22bとによって挟設された誘電体基板23の幅方向の他方の側にTE波に対する遮断領域23bが形成される。

【0024】また、電極28のうちの電極21aに対向する部分と電極21aは、誘電体基板26を挟設して平行平板導波管を構成する。そして、誘電体基板26の厚さ $t_{26}$ は、当該平行平板導波管のTE波に対する遮断周波数が所望の伝搬周波数 $f_b$ より十分高くなるように設定される。これによって、電極28のうちの電極21aに対向する部分と電極21aとによって挟設された誘電体基板26の一方の側にTE波に対する遮断領域26aが形成される。同様に、電極28のうちの電極21bに対向する部分と電極21bとによって挟設された誘電体基板26の他方の側にTE波に対する遮断領域26bが形成される。また、電極29のうちの電極22aに対向する部分と電極22aは、誘電体基板27を挟設して平行平板導波管を構成する。そして、誘電体基板27の厚さ $t_{27}$ は、当該平行平板導波管のTE波に対する遮断周波数が所望の伝搬周波数 $f_b$ より十分高くなるように設定される。これによって、電極29のうちの電極22aに対向する部分と電極22aとによって挟設された誘電体基板27の一方の側にTE波に対する遮断領域27aが形成される。同様に、電極29のうちの電極22bに対向する部分と電極22bとによって挟設された誘電体基板27の他方の側にTE波に対する遮断領域27bが形成される。以上のようにして、第1の実施例の平面誘電体線路LN10は構成される。

【0025】以上のように構成された第1の実施例の平面誘電体線路LN10において、臨界周波数 $f_{da}$ 以上の周波数を有する高周波信号をスロット24における誘電体基板23の上面とスロット25における誘電体基板23の下面とによって交互に繰り返して全反射して当該高周波信号を伝送する伝搬領域23cが形成される一方、当該高周波信号を減衰させる遮断領域23a、23b、26a、26b、27a、27bが形成される。これによって、臨界周波数 $f_{da}$ 以上の周波数を有する高周波信号

の電磁界エネルギーは、伝搬領域23cの内部とその近傍に集中して平面誘電体線路LN10を誘電体基板23の長手方向に伝搬する。

【0026】以上のように構成された第1の実施例の平面誘電体線路LN10は、誘電体基板23と、誘電体基板26、27を用いて構成している。これによって、誘電体基板23と誘電体基板26、27の内部では、伝搬する電磁波の波長を自由空間に比べると短くできるので、平面誘電体線路LN10の幅と厚さを短くでき、方形導波管に比べると小型でかつ軽くできる。

【0027】以上のように構成された第1の実施例の平面誘電体線路LN10において、誘電体基板23の上面に電極21a、21bを備え、下面に電極22a、22bを備えている。スロット24、25の幅 $W$ を狭く設定することによって、従来例のスロットラインと同様に、電極21a、21b又は電極22a、22bに直接、IC等の他の電子部品を接続することができるので、平面誘電体線路LN10とIC等の他の電子部品との接続を容易にできる。

【0028】＜第2の実施例＞図12は第2の実施例の平面誘電体線路LN20の横断面図である。第2の実施例の平面誘電体線路LN20が第1の実施例の平面誘電体線路LN10に比べて異なるところは、電極28を備えた誘電体基板26と電極29を備えた誘電体基板27に代えて上導体板41aと下導体板41bとを用いて構成している点である。

【0029】第2の実施例の平面誘電体線路LN20において、誘電体基板23の上面には、第1の実施例の誘電体基板23と同様に、電極21aと電極21bが互いに所定の間隔を隔てて対向して形成され、スロット24が電極21aと電極21bとの間で挟設されて形成される。また、誘電体基板23の下面には、電極22aと電極22bが互いに所定の間隔を隔てて対向して形成され、スロット25が電極22aと電極22bとの間で挟設されて形成される。また、上導体板41aと下導体板41bとは、所定の間隔 $h_{41}$ を隔てて、互いに平行に設けられる。そして、スロット24とスロット25が形成された誘電体基板23は、上導体板41aと下導体板41bとの間に、上導体板41aと下導体板41bとに平行になるように設けられる。ここで、上導体板41aと誘電体基板23の上面との距離と、上導体板41bと誘電体基板23の下面との距離は、互いに等しくなるように設定される。

【0030】また、第2の実施例の平面誘電体線路LN20において、誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r$ 23は以下のように設定される。第2の実施例のスロット24における誘電体基板23の上面と、スロット25における誘電体基板23の下面での電磁波の反射は、第1の実施例とは異なり、誘電体基板23と自由空間との境界での反射である。従って、臨界角 $\theta_c$ は、自由空間の比誘電

率 $\epsilon_r = 1$ を用いて、数7で表わすことができる。

【0031】

【数7】 $\theta_c = \sin^{-1} \{ \sqrt{1/\epsilon_r 23} \}$

【0032】従って、第2の実施例の平面誘電体線路LN20においては、反射角 $\theta$ が臨界角 $\theta_c$ に等しくなる臨界周波数 $f_a$ 以上の周波数を有する平面電磁波pw23は、スロット24における誘電体基板23の上面とスロット25における誘電体基板23の下面で全反射を繰り返しながら伝搬する。すなわち、誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r 23$ と厚さ $t 23$ は、所望の伝搬周波数 $f_b$ が臨界周波数 $f_a$ 以上になるように設定される。

【0033】ここで、上導体板41aと下導体板41bとの間隔 $h 41$ は、上導体板41aのうちの電極21aに対向する部分と電極21aとによって構成される平行平板導波管のTE波に対する遮断周波数が所望の伝搬周波数 $f_b$ より十分高くなるように設定される。これによって、誘電体基板23と上導体板41aとによって挟設された自由空間のうちの一方の側に、電極28のうちの電極21aに対向する部分と電極21aとによって挟設されたTE波に対する遮断領域42aが形成される。同様に、誘電体基板23と上導体板41aとによって挟設された自由空間のうちの他方の側に、上導体板41aのうちの電極21bに対向する部分と電極21bとによって挟設されたTE波に対する遮断領域42bが形成される。

【0034】また、上導体板41aと誘電体基板23の上面との距離と、下導体板41bと誘電体基板23の下面との距離は、互いに等しくなるように設定されているので、下導体板41bのうちの電極22aに対向する部分と電極22aとによって、所望の伝搬周波数 $f_b$ より十分高いTE波に対する遮断周波数を有する平行平板導波管が構成される。これによって、誘電体基板23と下導体板41bとによって挟設された自由空間のうちの一方の側に、下導体板41bのうちの電極22aに対向する部分と電極22aとによって挟設されたTE波に対する遮断領域43aが形成される。同様に、誘電体基板23と下導体板41bとによって挟設された自由空間のうちの他方の側に、下導体板41bのうちの電極22bに対向する部分と電極22bとによって挟設されたTE波に対する遮断領域43bが形成される。

【0035】以上のように構成された第2の実施例の平面誘電体線路LN20において、臨界周波数 $f_a$ 以上の周波数を有する高周波信号をスロット24における誘電体基板23の上面とスロット25における誘電体基板23の下面とによって交互に繰り返し全反射して当該高周波信号を伝送する伝搬領域23cが形成される一方、当該高周波信号を減衰させる遮断領域23a、23b、42a、42b、43a、43bが形成される。これによって、臨界周波数 $f_a$ 以上の周波数を有する高周波信号の電磁界エネルギーは、伝搬領域23cの内部とその近

傍に集中して平面誘電体線路LN20を伝搬する。

【0036】以上のように構成された第2の実施例の平面誘電体線路LN20は、第1の実施例の誘電体基板26、27に代えて上導体板41aと下導体板41bとを用いて構成される。これによって、第2の実施例の平面誘電体線路LN20は、第1の実施例の平面誘電体線路LN10に比較して構成を簡単にできるので安価にできる。

【0037】次に第2の実施例の平面誘電体線路LN20の動作原理について詳細に説明する。以下の説明においては、まず、平面誘電体線路LN20と同様の動作原理を有する誘電体装荷型導波管LN30の構成と動作を説明し、その後、平面誘電体線路LN20の動作を説明する。

【0038】誘電体装荷型導波管LN30は、図3に示すように、管内幅 $W 36$ と管内高さ $h 36$ を有する方形導波管36と、所定の厚さ $t 33$ と管内幅 $W 36$ と等しい幅を有する誘電体基板33とからなる。そして、方形導波管36の内部の高さ方向の中央に、方形導波管36の上導体板と下導体板に平行になるように誘電体基板33が設けられる。ここで、誘電体基板33の比誘電率 $\epsilon_r 33$ は、第2の実施例の誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r 23$ と同一の値に設定する。

【0039】図3の誘電体装荷型導波管LN30に臨界周波数 $f_a$ 以上の周波数を有する高周波信号を入力すると、当該高周波信号の電磁界エネルギーは、誘電体基板33の内部とその近傍に集中して誘電体装荷型導波管LN30を誘電体基板33の長手方向に伝搬する。このときの導波管36の内部の電磁界分布を図4(a)と図4(b)に示す。図4(a)には、図3の誘電体装荷型導波管LN30の図3のC-C'線についての横断面図に電界E30と磁界H30を示し、図4(b)には、図3の誘電体装荷型導波管LN30の図3のB-B'線についての縦断面図に電界E30と磁界H30を示している。図4(a)と図4(b)から明らかなように、電界E30と磁界H30は誘電体基板33の内部とその近傍に分布していることがわかる。また、電界E30は、誘電体基板33の幅方向のみの成分を有し、磁界H30は、誘電体基板33の長手方向すなわち導波管36の長手方向の成分と、誘電体基板33の上面又は下面に垂直な方向の成分とを有する。

【0040】また、図11には、誘電体装荷型導波管LN30に臨界周波数 $f_a$ より低い周波数を有する高周波信号を入力したときの電磁界分布を示す。図11(a)には、図3の誘電体装荷型導波管LN30の図3のC-C'線についての横断面図に電界E30と磁界H30を示し、図11(b)には、図3の誘電体装荷型導波管LN30の図3のB-B'線についての縦断面図に電界E30と磁界H30を示している。図11(a)と図11(b)から明らかなように、磁界H30は、図4(a)



と図4(b)に示す臨界周波数 $f_a$ 以上の周波数における電磁界分布に比較して、誘電体基板33から離れた所にも分布していることがわかる。

【0041】また、図5は、誘電体基板33の比誘電率 $\epsilon_r33$ を、2, 5, 9.3, 24の各値に設定したときの周波数と誘電体装荷型導波管LN30の位相定数 $\beta30$ との関係を示したグラフである。ここで、図5に示した値は、数5と数6とを用いて計算した。また、誘電体装荷型導波管LN30の各構造パラメータは以下のように設定した。

- (1) 誘電体基板33の厚さ $t33=0.33\text{ mm}$ 、
- (2) 導波管36の管内高さ $h36=2.25\text{ mm}$ 。

【0042】図5から明らかなように、周波数が高いほど位相定数 $\beta30$ は大きくなり、比誘電率 $\epsilon_r33$ が大きいほど、同一の周波数における位相定数 $\beta30$ は大きくなる。

【0043】図6は、誘電体基板33の厚さ $t33$ を、0.1 mm, 0.33 mm, 0.5 mm, 1 mmの各値に設定したときの周波数と誘電体装荷型導波管LN30の位相定数 $\beta30$ との関係を示したグラフである。ここで、図6に示した値は、数5と数6とを用いて計算した。また、誘電体装荷型導波管LN30の各構造パラメータは以下のように設定した。

- (1) 誘電体基板33の比誘電率 $\epsilon_r33=9.3$ 、
- (2) 導波管36の管内高さ $h36=2.25\text{ mm}$ 。

【0044】図6から明らかなように、誘電体基板33の厚さ $t33$ が厚いほど、同一の周波数における位相定数 $\beta30$ は大きくなる。

【0045】次に、入射角 $\theta$ が臨界角 $\theta_c$ に等しくなるときの臨界周波数 $f_a$ を、誘電体装荷型導波管LN30を用いて計算する。図7は、誘電体基板33の比誘電率 $\epsilon_r33$ に対する入射角 $\theta$ が臨界角 $\theta_c$ に等しくなる臨界周波数 $f_a$ の関係を示したグラフである。ここで、誘電体装荷型導波管LN30の各構造パラメータは以下のように設定した。

- (1) 誘電体基板33の厚さ $t33=0.33\text{ mm}$ 、
- (2) 導波管36の管内幅 $W36=2.0\text{ mm}$ 、
- (3) 導波管36の管内高さ $h36=2.25\text{ mm}$ 。

【0046】図7から明らかなように、誘電体基板33の比誘電率 $\epsilon_r33$ が大きくなるほど、臨界周波数 $f_a$ は低くなる。すなわち、高い比誘電率 $\epsilon_r33$ を有する誘電体基板33を用いることによって、全反射する高周波信号の最低伝搬周波数 $f_b$ をより低く設定することができる。

【0047】図8は、誘電体基板33の厚さ $t33$ と入射角 $\theta$ が臨界角 $\theta_c$ に等しくなる臨界周波数 $f_a$ との関係を示したグラフである。ここで、誘電体装荷型導波管LN30の各構造パラメータは以下のように設定した。

- (1) 誘電体基板33の比誘電率 $\epsilon_r33=9.3$ 、
- (2) 導波管36の管内幅 $W36=2.0\text{ mm}$ 、

(3) 導波管36の管内高さ $h36=2.25\text{ mm}$ 。

【0048】図8から明らかなように、誘電体基板33の厚さ $t33$ が厚くなるほど、入射角 $\theta$ が臨界角 $\theta_c$ に等しくなる臨界周波数 $f_a$ は低くなる。すなわち、誘電体基板33の厚さ $t33$ が厚く設定することによって、全反射する高周波信号の最低伝搬周波数 $f_b$ をより低く設定することができる。

【0049】次に第2の実施例の平面誘電体線路LN20の動作について説明する。平面誘電体線路LN20の動作の説明において、平面誘電体線路LN20の臨界周波数 $f_a$ は、各パラメータを以下のように設定したときの誘電体装荷型導波管LN30の臨界周波数 $f_a$ の計算値を用いた。誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ と厚さ $t23$ とをそれぞれ、誘電体基板33の比誘電率 $\epsilon_r33$ と厚さ $t33$ とを同一に設定し、誘電体基板23のスロット24, 25の幅 $W$ と導波管36の管内幅 $W36$ とを同一の値に設定し、上導体板41aと下導体板41bとの間隔 $h41$ と導波管36の管内高さ $h36$ とを同一の値に設定する。

【0050】図9は、誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ を、2, 5, 9.3, 24の各値に設定したときの周波数と平面誘電体線路LN20の位相定数 $\beta20$ との関係を示したグラフである。ここで、図9に示した値は、有限要素法を用いて計算した。また、平面誘電体線路LN20の各構造パラメータは以下のように設定した。

- (1) 誘電体基板23の厚さ $t23=0.33\text{ mm}$ 、
- (2) 誘電体基板23の幅 $W20=8\text{ mm}$ 、
- (3) スロット24, 25の幅 $W=2\text{ mm}$ 。

【0051】図9から明らかなように、周波数が高いほど位相定数 $\beta20$ は大きくなり、比誘電率 $\epsilon_r23$ が大きいほど、同一の周波数における位相定数 $\beta20$ は大きくなる。

【0052】図10は、誘電体基板23に形成されたスロット24, 25の幅 $W$ を、0.5 mm, 1 mm, 2 mm, 3 mmの各値に設定したときの周波数と平面誘電体線路LN20の位相定数 $\beta20$ との関係を示したグラフである。ここで、図10に示した値は、有限要素法を用いて計算した。また、平面誘電体線路LN20の各構造パラメータは以下のように設定した。

- (1) 誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23=9.3$ 、
- (2) 誘電体基板23の幅 $W20=8\text{ mm}$ 、
- (3) 上導体板41aと下導体板41bの間の間隔 $h41=2.25\text{ mm}$ 。

【0053】図10から明らかなように、スロット24, 25の幅 $W$ が大きいほど、同一の周波数における位相定数 $\beta20$ は小さくなる。

【0054】次に、第2の実施例の平面誘電体線路LN20の電磁界の分布について説明する。図13は、平面誘電体線路LN20に臨界周波数 $f_a$ より低い周波数を入力したときの比較例の電磁界分布

を示す誘電体基板23の斜視図である。ここで、図13では、上導体板41aと下導体板41bを省略して、誘電体基板23のみを図示している。また、図13は斜視図であるが電極部分を区別するために電極21a、21bの上面にハッチングを付している。図13から明らかなように、電界E20と磁界H20はともに、次に示す図14の臨界周波数fa以上の周波数における電磁界分布に比較して、誘電体基板23の内部とその近傍及び誘電体基板23から離れた所とに分布していることがわかる。

【0055】また、図14は、平面誘電体線路LN20に臨界周波数fa以上の周波数を有する高周波信号を入力したときの実施例の電磁界分布を示す。ここで、図14では、図13と同様に上導体板41aと下導体板41bを省略して、誘電体基板23のみを図示している。また、図14は斜視図であるが、電極部分を区別するために電極21a、21bの上面にハッチングを付している。図14から明らかなように、電界E20と磁界H20はともに、誘電体基板23の伝搬領域23cの内部とその近傍のみに集中していることがわかる。すなわち、臨界周波数fa以上の周波数を有する高周波信号は、スロット24における誘電体基板23の上面とスロット25における誘電体基板23の下面において全反射することがわかる。

【0056】以上の動作の説明は、第2の実施例の平面誘電体線路LN20について行ったが、第1の実施例の平面誘電体線路LN10についても同様の動作をする。以上詳述したように、第1の実施例の平面誘電体線路LN10と第2の実施例の平面誘電体線路LN20は、誘電体装荷型導波管LN30と同様な動作をして、臨界周波数fa以上の周波数を有する高周波信号を伝送する。

【0057】また、本発明者らは、2つの平面誘電体線路を近接して設けたときの動作を確認するために、図15に示すモデルを用いて電界の分布を確認した。以下にその構成と結果について説明する。

【0058】図15のモデルにおいて、誘電体基板123の上面に、電極121a、121b、121c、121dと、スロット124a、124b、124cとを誘電体基板123の幅方向に交互に形成する。ここで、スロット124aは電極121aと電極121bとの間に挟設されて形成され、スロット124bは電極121bと電極121cとの間に挟設されて形成され、スロット124cは電極121cと電極121dとの間に挟設されて形成される。また、スロット124a、124b、124cは、誘電体基板123の長手方向に平行になるようにかつ互いに等しい幅になるように形成される。さらに、電極121bと電極121cは、互いに等しい幅に形成される。

【0059】誘電体基板123の下面に、電極121aに対向するように電極122aを形成し、電極121b

に対向するように電極122bを形成する。また、電極121cに対向するように電極122cを形成し、電極121dに対向するように、電極122dを形成する。これによって、スロット124aに対向するようにスロット125aが形成され、スロット124bに対向するようにスロット125bが形成され、スロット124cに対向するようにスロット125cが形成される。そして、誘電体基板123は、互いに平行になるように設けられた上導体板141aと下導体板141bの間に、上導体板141aと下導体板141bに誘電体基板123が平行になるように設けられる。ここで、誘電体基板123の上面と上導体板141aの距離と、誘電体基板123の下面と下導体板141bとの距離は、互いに等しくなるように設定される。また、上導体板141aと下導体板141bとの距離は、第2の実施例と同様に設定される。以上のようにして、3つの互いに平行な平面誘電体線路が構成される。

【0060】図15には、3つの平行な平面誘電体線路が、臨界周波数fa以上の周波数を有する高周波信号を伝送するときの電界E120を示している。図15から明らかなように、3つの平行な平面誘電体線路を伝送する高周波信号は、互いに結合することなく誘電体基板123の長手方向に伝送される。また、図16には、臨界周波数faより低い周波数を有する高周波信号を伝送するときの電界E12を示している。図16から明らかなように、3つの平行な平面誘電体線路を伝送する高周波信号は、互いに電磁界結合、すなわち干渉していることがわかる。

【0061】以上、詳述したように、第1と第2の実施例の平面誘電体線路LN10、LN20においては、臨界周波数fa以上の周波数を有する高周波信号は、スロット24における誘電体基板23の上面とスロット25における誘電体基板23の下面とによって全反射されるので、誘電体基板23の伝搬領域23cに電磁界エネルギーが集中して伝搬する。これによって、複数の平面誘電体線路を誘電体基板123の幅方向に並置して互いに近接して設けることができるので、高い集積度を有する回路を形成することができる。

【0062】＜応用例＞図17は、本発明に係る平面誘電体線路を用いて回路を構成した応用例の集積回路を示す斜視図である。図17に示す応用例の集積回路は、複数の平面誘電体線路が形成された誘電体基板323を備えて構成されたことを特徴とする。当該集積回路においては、略正方形の誘電体基板323の上面に電極321が所定の形状に形成され、誘電体基板323の下面に電極321に対向して所定の形状の電極322が形成される。これによって、誘電体基板323に、平面誘電体線路LN301、LN302、LN303、LN304と高周波帯域通過フィルタ310とバイアス線路307とバイアス線路308とが形成される。そして、誘電体基



板323の上面には、回路部品モジュール305が平面誘電体線路LN302と平面誘電体線路LN303の間に接続され、回路部品モジュール306が平面誘電体線路LN301とバイアス線路307の間に接続される。また、平面誘電体線路LN301と平面誘電体線路LN303の曲げた部分はそれぞれ、スロットの幅を狭くした平面誘電体線路301aと平面誘電体線路303aを用いて構成している。これによって、それぞれの平面誘電体線路LN301、LN303の伝搬モードを他の伝搬モードに変換することなく、平面誘電体線路LN301、LN303を曲げることができる。

【0063】次に、高周波帯域通過フィルタ310について説明する。図18は、誘電体基板323の図17のE-E'線についての断面図である。図17及び図18に示すように、誘電体基板323の上面に、互いに同一の直径を有する円形の2つの開口部4cと開口部4dが形成される。また、誘電体基板323の下面には、開口部4c、4dと同一の円形の開口部5cと開口部5dが形成される。ここで、開口部4cと開口部4dは、所定の間隔を隔てて、平面誘電体線路LN303と平面誘電体線路LN304の間に並置されて形成される。また、開口部4cと開口部5cは、互いに同軸になるように対向して設けられ、開口部4dと開口部5dは、互いに同軸になるように対向して設けられる。これによって、誘電体基板323に、互いに同一形状を有する2つの円柱形状の共振器形成領域66と、共振器形成領域69とが平面誘電体線路LN303と平面誘電体線路LN304の間に並置されて形成される。ここで、共振器形成領域66は、誘電体基板323の一部分であって、開口部4cの上端面67と、開口部5cの下端面68とを有する円柱形状の領域である。また、共振器形成領域69は、誘電体基板323の一部分であって、開口部4dの上端面70と、開口部5dの下端面71とを有する円柱形状の領域である。

【0064】ここで、誘電体基板323の比誘電率と基板の厚さ及び開口部4c、4d、5c、5dの直径は、共振器形成領域66と共振器形成領域69とが所望の共振周波数と同じ周波数を有する高周波信号で励振されたときに定在波を生じるように設定される。また、誘電体基板323のうちの共振器形成領域66、共振器形成領域69及び平面誘電体線路LN301、LN302、LN303、LN304の伝送領域を除く部分を挟設する電極321と電極322は、平行平板導波管を構成する。そして、誘電体基板323の比誘電率と基板の厚さは、上記平行平板導波管の遮断周波数が所望の共振周波数より高くなるように設定される。これによって、共振器形成領域66とその近傍の自由空間と、共振器形成領域69とその近傍の自由空間はそれぞれ、TE<sub>010</sub>モード誘電体共振器を構成する。

【0065】また、共振器形成領域66と共振器形成領域

域69の間隔は、2つのTE<sub>010</sub>モード誘電体共振器が誘導結合するように所定の間隔に設定される。さらに、平面誘電体線路LN303と共振器形成領域66との距離は、平面誘電体線路LN303と共振器形成領域66が構成するTE<sub>010</sub>モード誘電体共振器とが互いに誘導結合するように設定され、平面誘電体線路LN304と共振器形成領域69との距離は、平面誘電体線路LN304と共振器形成領域69が構成するTE<sub>010</sub>モード誘電体共振器とが互いに誘導結合するように設定される。

【0066】以上のように、高周波帯域通過フィルタ310は、平面誘電体線路LN303と平面誘電体線路LN304との間に、2つのTE<sub>010</sub>モード誘電体共振器が縦続接続されて構成される。これによって、平面誘電体線路LN303を伝送する所定の周波数を有する高周波信号は、2つのTE<sub>010</sub>モード誘電体共振器を介して、平面誘電体線路LN304に伝送される。

【0067】<変形例>以上の第1の実施例の平面誘電体線路LN10では、誘電体基板26、27を用いて構成し、第2の実施例の平面誘電体線路LN20では、上導体板41aと下導体板41bとを用いて構成したが、本発明はこれに限らず、スロット24とスロット25とを備えた誘電体基板23のみを用いて構成してもよい。以上のように構成することによっても第1の実施例と第2の実施例と同様の動作をし、同様の効果を有するとともに、構成を簡単にできる。

【0068】以上の第2の実施例の平面誘電体線路LN20では、上導体板41aと下導体板41bを用いて構成したが、本発明はこれに限らず、上導体板41aと下導体板41bと側面導体からなる方形導波管を用いて構成してもよい。以上のように構成することによっても第1の実施例と第2の実施例と同様の動作をし、同様の効果を有する。

【0069】以上の第2の実施例の平面誘電体線路LN20では、上導体板41aと誘電体基板23の上面との距離と、上導体板41bと誘電体基板23の下面との距離は互いに等しくなるように設定したが、本発明はこれに限らず、互いに異なる距離に設定してもよい。以上のように構成しても第1の実施例と第2の実施例と同様の動作をし、同様の効果を有する。

【0070】以上の第1の実施例の平面誘電体線路においては、誘電体基板26の比誘電率 $\epsilon_r26$ と誘電体基板27の比誘電率 $\epsilon_r27$ は、互いに等しい値に設定したが、本発明はこれに限らず、互いに異なる値に設定してもよい。

【0071】

【発明の効果】本発明に係る請求項1記載の平面誘電体線路は、上記誘電体基板の第1の面に所定の幅を有する第1のスロットが形成され、上記誘電体基板の第2の面に上記第1のスロットに対向するように第2のスロットが形成されて構成される。これによって、ICなどの電

子部品との接続が容易で、かつマイクロストリップラインやコプレーナライン、スロットライン等に比較して伝送損失が極めて小さい小型で安価な平面誘電体線路が提供できる。

【0072】請求項2記載の平面誘電体線路は、請求項1記載の平面誘電体線路においてさらに、第1の導体板と第2の導体板とを備えているので、上記平面誘電体線路を伝搬する高周波信号の外部への漏洩を防ぐことができる。とともに、上記平面誘電体線路の外部からの不要な高周波信号の入射を防ぐことができる。

【0073】請求項3記載の平面誘電体線路は、請求項2記載の平面誘電体線路において、上記誘電体基板の第1の面と上記第1の導体板との間と、上記誘電体基板の第2の面と上記第2の導体板との間に、上記誘電体基板の誘電率より低い誘電率を有する誘電体を充填しているので、上記平面誘電体線路を薄くすることができる。

【0074】本発明に係る請求項4記載の集積回路は、伝送線路と、上記伝送線路に接続された高周波デバイスとを備えた集積回路であって、上記伝送線路は、請求項1乃至3記載の少なくとも1つの平面誘電体線路を含む。これによって、高い集積度を有する集積回路を構成できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る第1の実施例の平面誘電体線路LN10の斜視図である。

【図2】 図1の平面誘電体線路LN10の図1のA-A'線についての縦断面図である。

【図3】 第1の実施例の平面誘電体線路LN10と第2の実施例の平面誘電体線路LN20の動作を説明するために用いた誘電体装荷型導波管LN30の斜視図である。

【図4】 (a)は、入射角 $\theta$ が臨界角 $\theta_c$ に等しくなるときの臨界周波数 $f_a$ 以上の周波数における電磁界の分布を示す誘電体装荷型導波管LN30の図3のC-C'線についての横断面図であり、(b)は、臨界周波数 $f_a$ より高い周波数における電磁界の分布を示す誘電体装荷型導波管LN30の図3のB-B'線についての縦断面図である。

【図5】 図3に示した誘電体装荷型導波管LN30の誘電体基板33の比誘電率 $\epsilon_r33$ を各値に設定したときの位相定数 $\beta30$ に対する周波数の関係を示すグラフである。

【図6】 図3に示した誘電体装荷型導波管LN30の誘電体基板33の厚さ $t33$ を各値に設定したときの位相定数 $\beta30$ に対する周波数の関係を示すグラフである。

【図7】 誘電体装荷型導波管LN30における誘電体基板33の比誘電率 $\epsilon_r33$ に対する臨界周波数 $f_a$ の関係を示すグラフである。

【図8】 誘電体装荷型導波管LN30における誘電体基板33の厚さ $t33$ に対する臨界周波数 $f_a$ の関係を示すグラフである。

【図9】 本発明に係る第2の実施例の平面誘電体線路LN20の誘電体基板23の比誘電率 $\epsilon_r23$ を各値に設定したときの位相定数 $\beta20$ に対する周波数の関係を示すグラフである。

【図10】 第2の実施例の平面誘電体線路LN20のスロット24、25の幅 $W$ を各値に設定したときの位相定数 $\beta20$ に対する周波数の関係を示すグラフである。

【図11】 (a)は、臨界周波数 $f_a$ 以上の周波数における電磁界の分布を示す誘電体装荷型導波管LN30の図3のC-C'線についての横断面図であり、(b)は、臨界周波数 $f_a$ 以下の周波数における電磁界の分布を示す誘電体装荷型導波管LN30の図3のB-B'線についての縦断面図である。

【図12】 本発明に係る第2の実施例の平面誘電体線路LN20の横断面図である。

【図13】 第2の実施例の平面誘電体線路LN20の臨界周波数 $f_a$ 以下の周波数における電磁界の分布を示す誘電体基板23の斜視図である。

【図14】 第2の実施例の平面誘電体線路LN20の臨界周波数 $f_a$ 以上の周波数における電磁界の分布を示す誘電体基板23の斜視図である。

【図15】 2つの第2の実施例の平面誘電体線路を近接して設けたときの臨界周波数 $f_a$ 以上の周波数における電界の分布を示す平面誘電体線路の横断面図である。

【図16】 2つの第2の実施例の平面誘電体線路を近接して設けたときの臨界周波数 $f_a$ 以下の周波数における電界の分布を示す平面誘電体線路の横断面図である。

【図17】 本発明に係る平面誘電体線路を用いて構成した応用例を示す斜視図である。

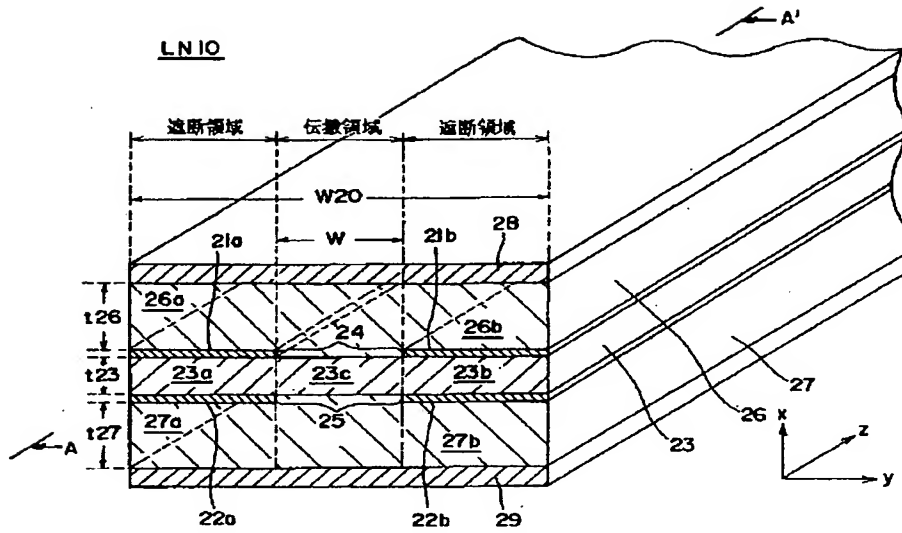
【図18】 図17のE-E'線についての断面図である。

【図19】 従来例のスロットラインの斜視図である。

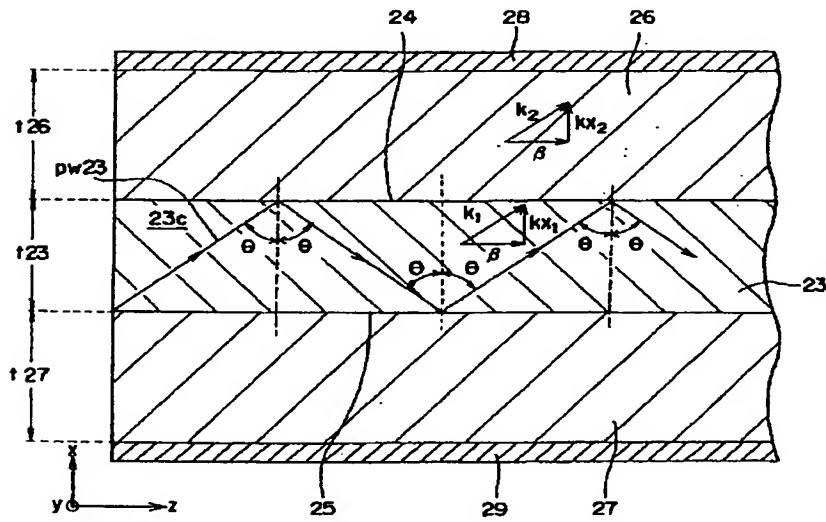
#### 【符号の説明】

LN10, LN20…平面誘電体線路、  
21a, 21b, 22a, 22b, 28, 29, 121a, 121b, 121c, 121d, 122a, 122b, 122c, 122d…電極、  
23, 26, 27, 123…誘電体基板、  
23a, 23b, 26a, 26b, 27a, 27b, 42a, 42b, 43a, 43b…遮断領域、  
23c…伝搬領域、  
24, 25, 124a, 124b, 124c, 125a, 125b, 125c…スロット、  
41a…上導体板、  
41b…下導体板。

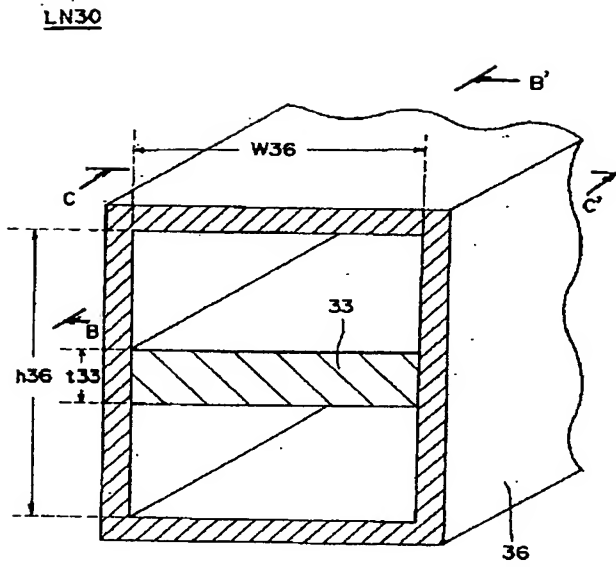
【図1】



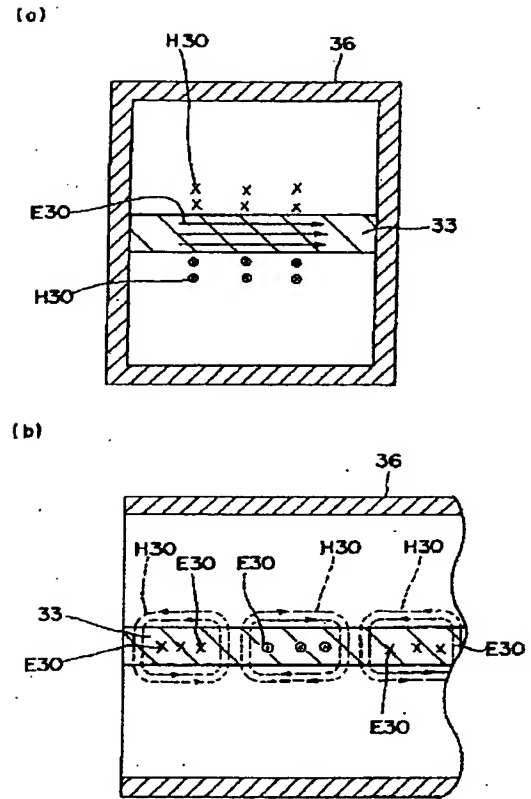
【図2】



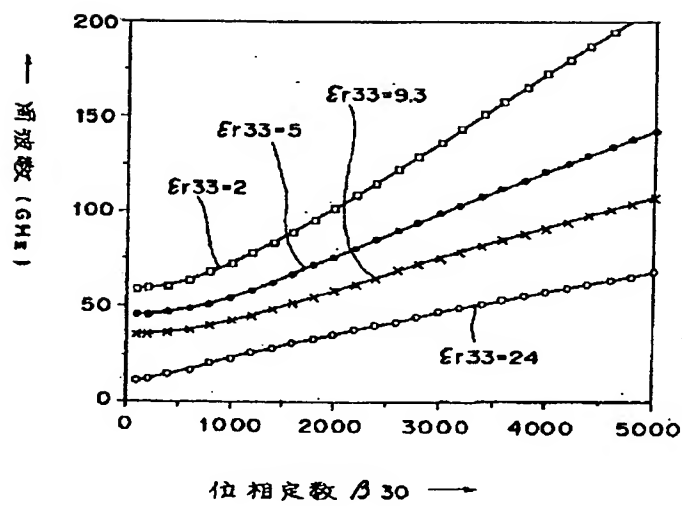
【図3】



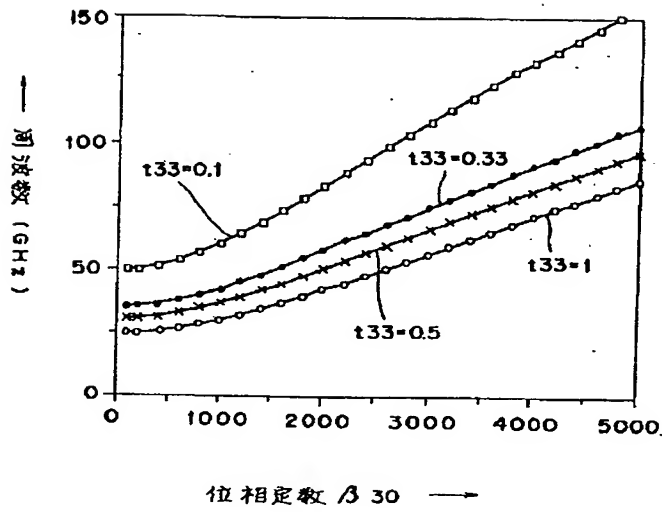
【図4】



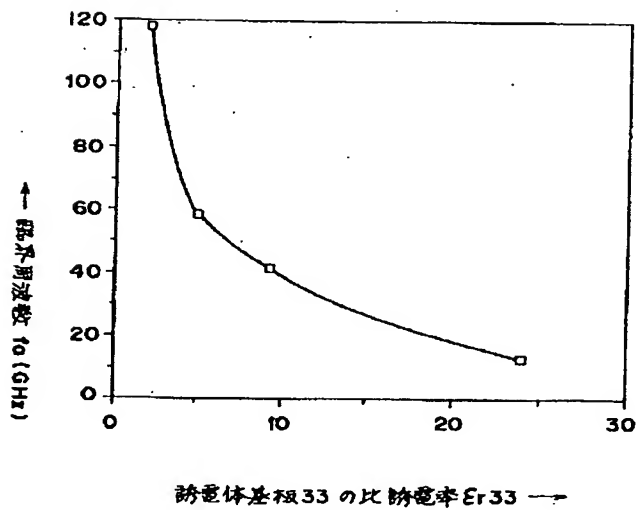
【図5】



【図6】

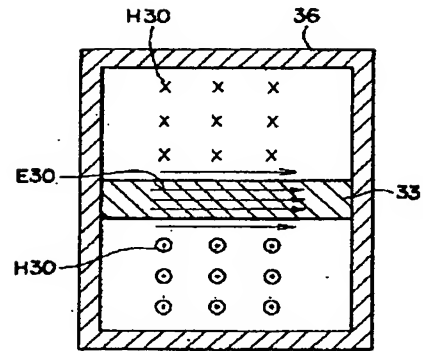


【図7】

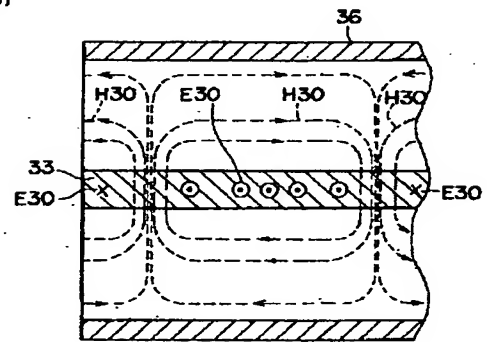


【図11】

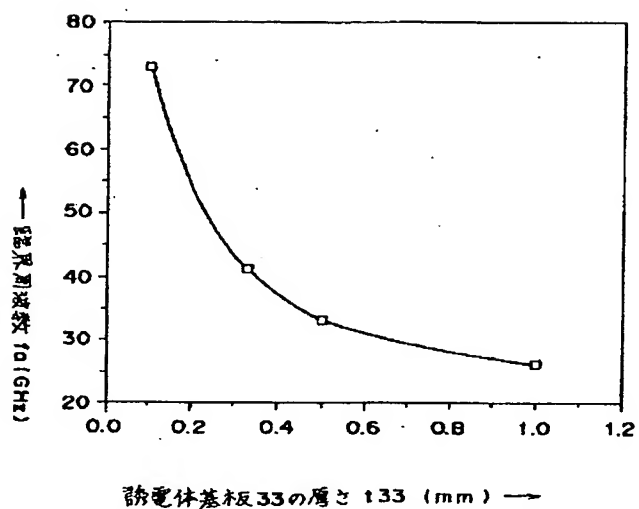
(a)



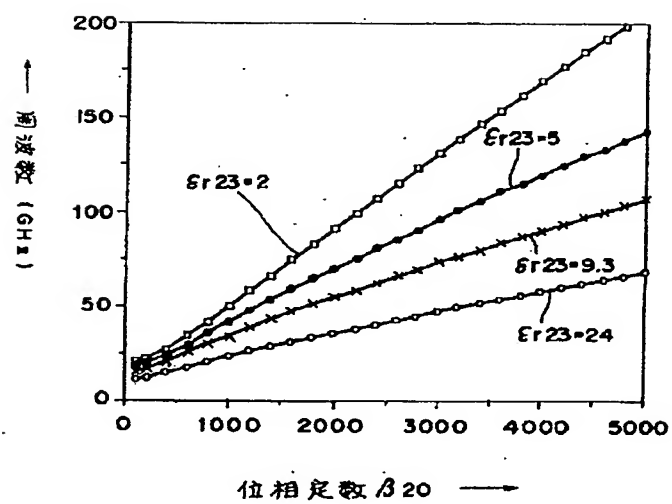
(b)



【図8】

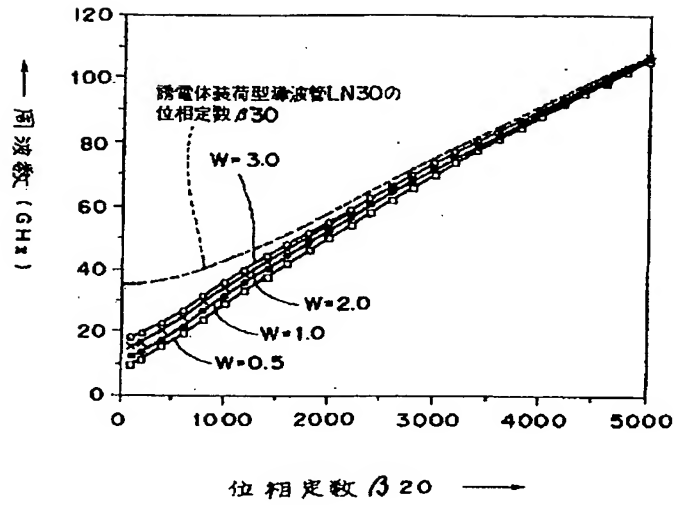


【図9】

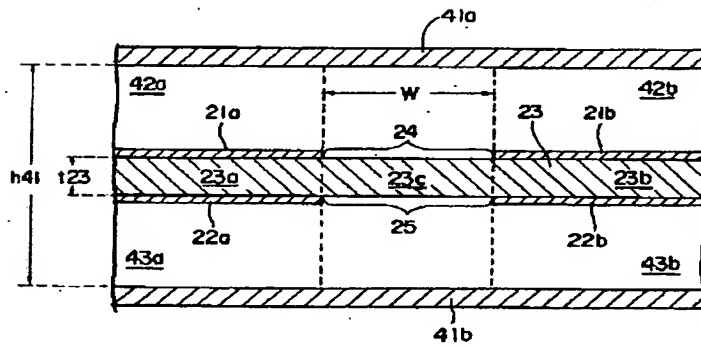




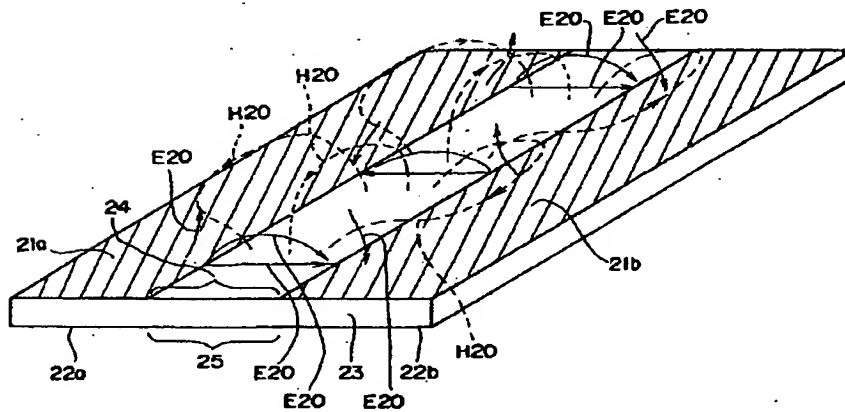
【図10】



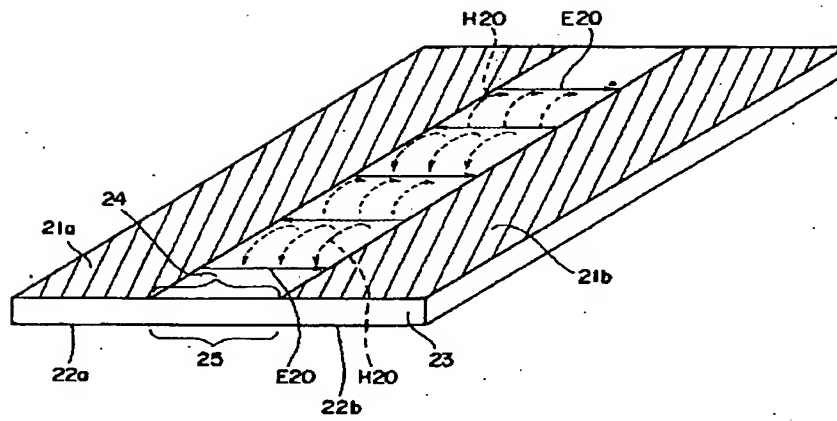
【図12】



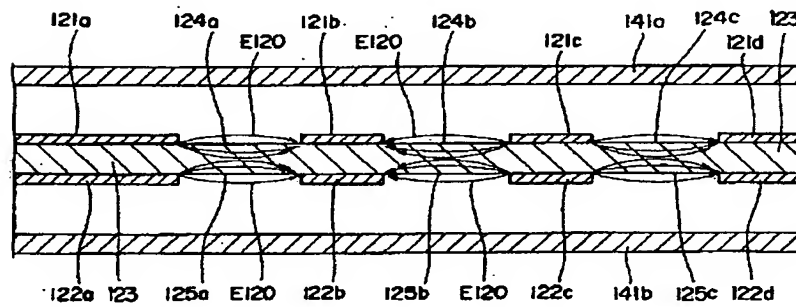
【図13】



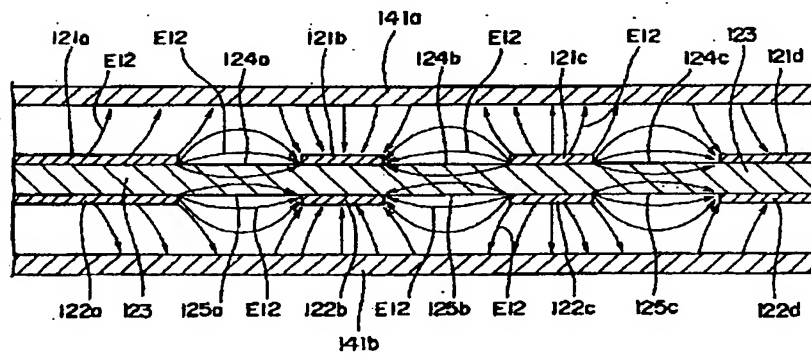
【図14】



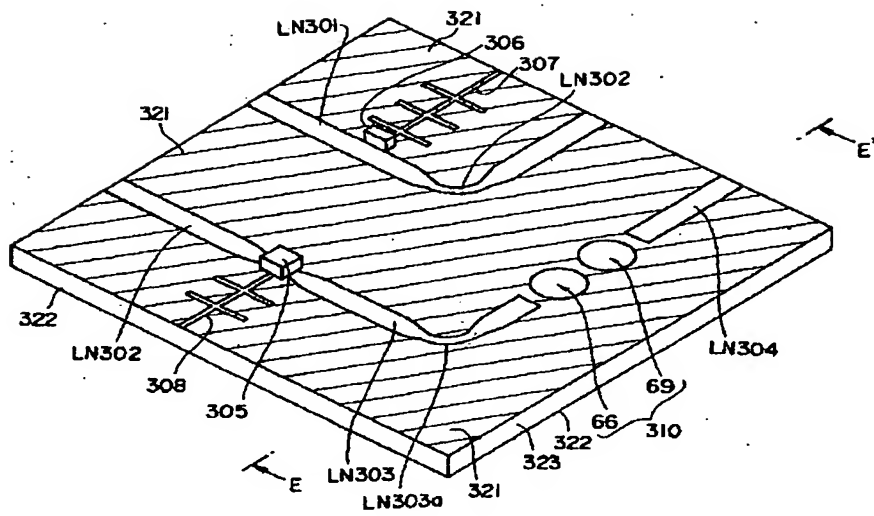
【図15】



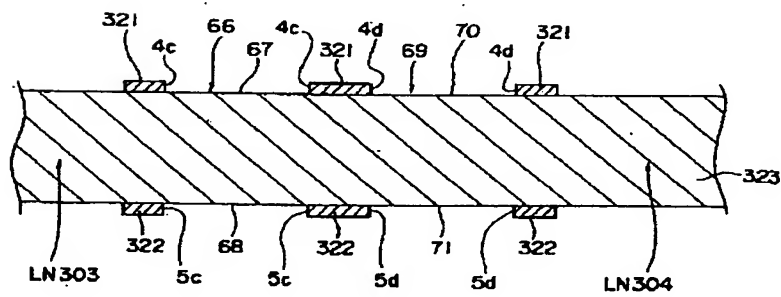
【図16】



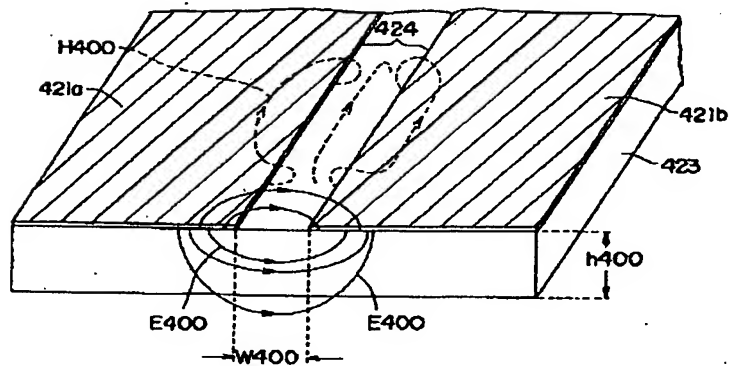
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 飯尾 憲一

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**